Chimie et PMI /ETI des secteurs aval :

Contraintes et opportunités

Comité National Sectoriel de la Chimie

Ingénieurs et Scientifiques de France

2013

Composition du Comité :

Edmond AMOUYAL

René CHELLE

Jacques KERVENNAL

Armand LATTES

Marc J. LEDOUX

Jean-Marc LE LANN

Maurice LEROY

Valérie LUCAS

Daniel MARINI

Gilles RICHARD

Isabelle RICO-LATTES Présidente

Patrick STAINTON Vice-président

Alain THUILLIER

Bruno WILTZ

SOMMAIRE

RESUME ……page 5

INTRODUCTION ……page 9

I Le règlement REACH : une contrainte et une opportunité……page 10

I- 1/la question de l'enregistrement……**page 11**

I-2/ la substitution des substances à risques……**page 12**

II La Chimie pour le développement durable : un outil de réflexion pour les PMI/ETI, en amont de l'innovation industrielle ……page 15

II- 1 Matières premières renouvelables et chimie biosourcée : interdisciplinarité entre biologie, écologie et chimie……**page 16**

II-2- Les biotechnologies blanches……**page 17**

II-3- l'Intensification des procédés : interdisciplinarité entre l'Ingénierie des procédés et la Chimie au service de l'écoconception……**page 18**

II-4- Utilisation de la chimie dans les technologies curatives de l'environnement et le recyclage ……**page 19**

III Transfert de technologie……page 21

IV Communication et formation……page 22

CONCLUSION……page 24

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES……page 25

RESUME

La Chimie présente la particularité d'être une science et simultanément de se placer au cœur des technologies, ce qui se traduit par l'existence d'une industrie de premier plan qui intervient largement, et souvent de façon induite, dans tous les secteurs aval clés de l'économie. La recherche académique de notre pays est considérée comme l'une des meilleures en chimie et l'industrie chimique française, dont plus de 90 % concerne des PME et ETI occupe la deuxième place en Europe et la cinquième dans le monde. Pour conserver sa place, et même progresser, il faut que cette industrie conserve sa compétitivité et que, par un partenariat renforcé avec recherche et l'attrait de ses métiers, elle puisse s'adapter aux nouvelles normes et innover dans tous les domaines aval de ses applications.

Ces objectifs ne pourront être atteints qu'en prenant en compte deux facteurs liés simultanément à l'évolution de notre société qui exige de plus en plus un respect de l'environnement et la protection de la santé des êtres vivants. Ces deux facteurs s'inscrivent dans des domaines à la fois réglementaires et volontaristes. Il s'agit :

- **Des obligations liées à l'application des règlements, plus particulièrement européens et, en premier lieu, le règlement REACH (Registration, Evaluation, Autorisation and Restriction of Chemicals).**

- **Et l'adoption des principes de chimie verte, associés aux trois paramètres du développement durable : Economique, Sociétal et Environnemental, ce qui peut se résumer par la mise en place de « la Chimie Pour le Développement Durable ».**

I Le règlement REACH : une contrainte et une opportunité

Rappelons que le règlement Européen REACH impose à tous les acteurs industriels ou chercheurs de la chimie d'appliquer une politique restrictive en matière de substances chimiques. Un contrôle strict est appliqué sur toutes les substances au niveau de leur fabrication, de leur mise sur le marché et de leurs utilisations. Ce règlement est contraignant car il limite l'accès à des substances et peut même conduire, à l'abandon de certaines d'entre elles. Mais il peut induire aussi une opportunité car l'accumulation de données sur les caractéristiques physico-chimiques, écotoxicologiques et toxicologiques des substances va permettre un accroissement de nos connaissances et par là même orienter nos choix pour un meilleur respect de l'environnement et de la santé. **La nécessité de trouver de nouvelles substances s'appuiera sur ces données et enrichira la réflexion pour une chimie respectueuse de l'environnement et de la santé.**

Le premier acte de l'application du règlement REACH consiste en la pratique de l'enregistrement des substances concernées. Une telle pratique exige un grand nombre de mesures et vérifications dans la domaine de la physico-chimie, de la toxicologie et de l'écotoxicologie. Les frais engagés par ces mesures peuvent être énormes et handicapent

fortement les PME/ETI qui doivent s'y soumettre. **Pour les aider, l'accès aux laboratoires publics ou privés spécialisés dans ces disciplines engagées dans ces études doit être facilité et toutes les informations technologiques nouvelles communiquées aisément aux entreprises qui le souhaitent.**

Un grand domaine d'investigation sera ensuite le remplacement d'une substance dangereuse par une autre. Cette substitution qui suppose d'appliquer les principes de l'écoconception est un axe fort de recherche qui doit mobiliser l'imagination des chercheurs mais qui ne permet pas de résoudre simplement tous les problèmes. **Une première étape sera de hiérarchiser les urgences en matière de substitution, puis d'informer les PME/ETI sur l'ensemble de la chaîne de mise sur le marché (information simplifiée au niveau régional) et enfin d'aider celles-ci à adapter cette chaîne aux contraintes matérielles qu'entraînent les remplacements des substances dans les produits manufacturés.**

Mais REACH n'est que l'un des paramètres qui permet d'inclure la « nouvelle chimie » dans le monde du développement durable. Si l'on se réfère de manière plus générale à la composante « respect de l'environnement et de la santé des êtres vivants » on peut décliner un certain nombre de pistes à suivre en amont de l'innovation et en accord avec les douze principes de la chimie verte et au service du développement durable.

II La Chimie Pour le développement Durable : un outil de réflexion pour les PMI/ETI , en amont de l'innovation industrielle

Il faut développer **l'interdisciplinarité, primordiale pour l'innovation impliquant la chimie, et en tout premier lieu les relations étroites avec la biologie, l'écologie, les biotechnologies et le génie des procédés.**

Il s'agit tout d'abord de **promouvoi**r **l'accès à de nouvelles matières premières renouvelables** : La biomasse, de toute origine, est sans aucun doute une source très riche en substances diverses et son caractère renouvelable fait d'elle un élément de choix en terme de développement durable. Ainsi **les substances ligno-cellulosiques**, ne rentrant pas en compétition avec les besoins alimentaires, constituent un réservoir parfois encore difficilement accessible mais inépuisable (car renouvelable) dont les transformations chimiques croisées avec celles induites par les biotechnologies permettent d'accéder à des substituts des produits pétroliers. D'autres sources de biomasse sont également à prendre en compte comme **les algues ou les produits de fermentations diverses**.

L'intensification des procédés, c'est-à-dire l'utilisation des techniques et appareils adaptés permettant de conserver les caractéristiques de la production tout en réduisant la consommation énergétique et de matière, est, couplée à la chimie, également une source d'innovation. Dans ce domaine de grands espoirs reposent sur la microfluidique et sur la réalisation de microréacteurs. **Leur développement passe par la formation des chercheurs et industriels à leur usage et leur diffusion.**

Mais le développement industriel impliquant la chimie ne doit pas se limiter aux seules nouveautés de substances et produits. La Chimie a aussi un rôle très important à jouer dans la résolution des problèmes de pollution, **en interaction avec les disciplines issues de l'écologie (et écotechnologies)**. Ainsi la chimie doit pouvoir trouver des débouchés dans tous les procédés de dépollution les plus innovants. La chimie doit également se développer dans la valorisation des déchets et le recyclage (biogaz, récupération des métaux lourds et rares …).

III Transfert de technologie

Pour conduire et optimiser ensuite, après maturation, toutes les actions proposées ci-dessus, il est indispensable d'associer le plus étroitement possible la recherche académique et l'industrie, particulièrement les PME et ETI qui n'ont pas toujours le personnel et les moyens financiers adéquats, ni le temps nécessaire pour le transfert. Il ne s'agit pas de subordonner la première à la seconde mais de permettre les transferts technologiques qui sont nécessaires à l'innovation, puis à la mise sur le marché. **Ces dernières années beaucoup d'efforts ont été consentis pour cet objectif, en particulier par les pouvoirs publics pour les partenariats public-privé, induisant un foisonnement d'outils pour ce faire** : Services de valorisation et de transfert des organismes de recherches, Incubateurs d'entreprises innovantes, Consortiums de valorisation thématique (CVT), Pôles de compétitivité, Instituts Carnot , Instituts de recherche technologique IRT, Sociétés d'accélération du transfert de technologie SATT (financés par le Programme Investissements d'avenir PIA) , Instituts d'excellence sur les énergies décarbonnées IEED (Programme PIA), Fonds unique interministériel FUI, organismes financeurs comme OSEO , le Fond stratégique d'investissement FSI (Groupe Caisse des dépôts) et tout récemment la Banque Publique d'Investissement BPI, pour soutenir les PME innovantes, le programme CD2I (Chimie durable, Industries, Innovation) de l'ANR, le Crédit d'Impôt Recherche CIR et en 2013 le Crédit d'impôt Innovation CII pour les PME… **Un impératif aujourd'hui est de pouvoir articuler tous ces outils pour une meilleure efficacité. Un comité interministériel pourrait d'ailleurs être proposé à ce sujet .**

IV Communication et formation

Lorsque l'on décline les domaines d'activités et de recherche en Chimie, il apparaît constamment en filigrane les questions sociétales. Ce lien étroit entre Chimie et Société « oblige » donc à se poser la question de la place de la Chimie dans la société et à favoriser plusieurs chantiers et actions, associant plus étroitement chercheurs académiques et industriels, notamment des PME et ETI. C'est important pour que la confiance du consommateur existe vis-à-vis des produits issus de l'innovation, ce qui est particulièrement important pour les PME et ETI qui organisent généralement leur activité autours de niches ou secteurs très pointus.

Il faut donc encourager et promouvoir des plages de dialogue et réflexion entre chercheurs académiques et industriels sur la relation entre la chimie et la société, prenant en compte les critères de durabilité. Le règlement REACH est certainement une porte d'entrée pour ce dialogue qui doit être promu au niveau régional. Mais d'une manière générale, tous les questionnements de Société autour de la Chimie sont une porte d'entrée pour ce dialogue.

Cette communication et ce dialogue doivent aussi s'inscrire dans l'espace de l'interdisciplinarité. Le partage des rôles de ces sciences dans le concept de la durabilité s'appuiera ainsi sur le décloisonnement de la discipline chimie et permettra une meilleure acceptabilité sociétale de ses applications, mettant en lumière également les progrès et réussites liées à l'utilisation de la Chimie.

Enfin, c'est par le biais des enseignements à tous niveaux, qu'une véritable culture de la responsabilité associée à des réponses aux demandes de la société sera efficacement diffusée. Cet enseignement, existant parfois de manière fragmentaire, nécessiterait une harmonisation au niveau national.

Chimie et PMI /ETI des secteurs aval : Contraintes et opportunités

INTRODUCTION

La Chimie présente la particularité d'être à la fois une science et une industrie de premier plan qui intervient largement et de façon parfois induite dans tous les secteurs clés aval de l'économie. En ce qui concerne la France, la compétitivité de son industrie et l'attrait de ses métiers représentent donc deux défis prioritaires qu'elle doit relever pour accompagner une volonté industrielle, de se tourner vers l'avenir et d'endiguer une désindustrialisation rampante en se tournant vers une ère nouvelle dite de néo-industrialisation.

Cela est particulièrement vrai dans le contexte des PMI et ETI des secteurs aval qui utilisent la chimie. L'application des réglementations environnementales et de santé, peut ainsi constituer une contrainte lourde mais peut aussi être une chance pour l'innovation.

Dans ce contexte, la chimie s'attache ainsi tout particulièrement à se développer dans le respect du Développement Durable qui, à côté des critères économiques et environnementaux, implique également des critères sociétaux, ce qui influe sur la compétitivité des acheteurs de produits chimiques. Les objectifs du comité national sectoriel de la Chimie nouvellement créé sont, grâce à la contribution des Ingénieurs et Scientifiques du domaine, d'apporter ses réflexions et propositions pour sensibiliser et aider les PME et ETI qui sont des moteurs indispensables à la croissance et à l'emploi. Nous nous plaçons dans cet exercice dans le prolongement des études déjà établies ou en cours concernant la mise en œuvre de « la chimie pour le développement durable », mais en souhaitant rassembler et faire converger dans ce document simultanément les spécificités des PMI et ETI des secteurs aval.

Le nouveau comité de l'IESF souhaite ainsi accompagner les transformations actuelles de la chimie pour répondre notamment aux nouvelles règlementations (en premier lieu REACH) et pour être plus en phase avec les grands enjeux de la planète et les attentes du citoyen (en terme de protection de l'environnement, de la santé, de l'énergie par exemple) et ceci tout en restant compétitive au niveau mondial.

Sur les secteurs économiques aval dans lesquels la Chimie est impliquée, il a été procédé à des auditions d'acteurs directement impliqués dans les PMI et ETI (les présentations sont rassemblées sur le site des IESF- section comité chimie. Voir Encadré 1).

Encadré 1

Quelques Sites à consulter (Liste non exhaustive):

- Les Ingénieurs et Scientifiques de France (IESF) : www.cnisf.org
  (Voir l'onglet comité sectoriel chimie pour les présentations des auditions du comité)
- L'Union nationale des associations françaises d'ingénieurs chimistes
  (UNAFIC) : www.unafic.org
- La Fédération Gay-Lussac (FGL) : www.19ecolesdechimie.com
- L'Union des Industries Chimiques (UIC) : www.uic.fr/ et pour découvrir les métiers de la chimie : http://lesmetiersdelachimie.com
- L'Union Française du Commerce Chimique (UFCC) : www.ufcc.fr et www.reach.ufcc.fr
- La Fédération Française pour les Sciences de la Chimie (FFC) : www.ffc-asso.fr/
- La Société Chimique de France (SCF) : www.societechimiquedefrance.fr/
- La Société Française de Génie des Procédés (SFGP) : www.sfgp.asso.fr
- La fondation de la Maison de la Chimie : www.maisondelachimie.com/
- L'Institut de Chimie du CNRS (INC) : www.cnrs.fr/inc/

Les auditions concernant la chimie et la métallurgie ou celle concernant les produits biocides et phytosanitaires ont permis de préciser l'importance contraignante du règlement REACH dans le renouveau de l'utilisation des substances chimiques et du développement de la chimie au sein des PME et ETI. Corrélativement les approches prenant en compte la chimie durable dans un contexte interdisciplinaire nous sont apparues comme très importantes en amont pour améliorer et renforcer l'utilisation des substances et des procédés chimiques au sein des PMI et ETI, pour conforter l'esprit d'innovation.

Enfin la plupart des PMI et ETI qui utilisent la Chimie le font dans un contexte où parfois la chimie est mal perçue, et les pistes pour renforcer l'acceptabilité de la Chimie au niveau sociétal sont aussi matière à réflexion : formation et communication ont donc fait partie des réflexions menées par le comité Chimie.

I Le règlement REACH : une contrainte et une opportunité

Le règlement REACH (Enregistrement Evaluation, Autorisation (et Restriction) des substances chimiques) est issu de la proposition de règlement adoptée par la Commission européenne le 29 octobre 2003 instituant une nouvelle politique européenne en matière de substances chimiques ; c'est donc un nouveau cadre réglementaire dont le champ d'application doit couvrir (à terme) le contrôle de la fabrication, de l'importation, de la mise sur le marché et de l'utilisation des substances produites ou importées au-delà de 1 tonne par an et par fabricant/importateur. Cela va considérablement améliorer et accroître nos connaissances sur les propriétés et les usages des substances chimiques concernées par ce règlement. Son

application va permettre de créer une plus grande transparence sur les risques tout au long de la chaîne de production et d'approvisionnement jusqu'au consommateur. Il va contribuer à une meilleure information de l'ensemble des acteurs. L'entrée en vigueur du règlement est effective depuis Juin 2007. Il est à noter que les obligations de REACH portent sur les substances et préparations ; ceci générera *ipso facto* une distorsion de concurrence avec les pays-tiers (où l'équivalent de REACH n'existe pas : Chine, Inde…) dont il sera moins contraignant d'importer des articles, moins réglementés dans le texte, que de produire des substances et articles dans l'Union. A titre d'exemple de cette difficulté on peut rappeler que l'interdiction portant sur les solutions à 10 % de Chrome, préparations nécessaires aux opérations de chromage, seront interdites en Europe par application de REACH alors qu'il sera possible d'importer des articles finis (avions par exemple …) après chromage réalisé en dehors de l'Europe : un taux de chrome inférieur à O.1 % dans l'article fini étant toléré à l'importation par REACH . L'industrie du chromage va donc être forcément délocalisée.

Cependant, si les grandes entreprises ont pu anticiper les bouleversements introduits par ce règlement, les PME et ETI sont généralement très démunies face à ce texte difficile, le plus souvent par manque de personnel dédié disponible et de moyens financiers ; les forts coûts induits par la constitution des dossiers d'enregistrement et le fonctionnement des consortia (plusieurs centaines de milliers d'euros par substance) mènera inéluctablement à une concentration des acteurs peu favorable à une concurrence loyale, donc au maintien et au développement des PME/ETI créateurs de valeur ajoutée et fournisseurs d'emplois.

Par ailleurs ce règlement risque d'induire des renoncements des grandes entreprises à faire la démarche de déclaration (et les tests afférant compte-tenu de leurs coûts) pour des produits de faible tonnage et peu rentables. Les PME et ETI qui utilisent ces produits seront alors obligées soit de prendre à leur charge leur déclaration, soit de les substituer, ce qui les pénalise lourdement dans un contexte économique difficile.

I- 1/la question de l'enregistrement.

Les procédures de pré-enregistrement achevées à la fin de 2008 ont donné lieu à plus de 143 000 déclarations (on en attendait 30 000 !) venant de 65 000 sociétés industrielles. On peut donc penser que l'ensemble des déclarants dont les PME et ETI ont utilisé cette possibilité pour disposer de plus de temps pour établir les véritables dossiers d'enregistrement. D'une manière générale le dossier doit contenir des informations sur les caractéristiques physico-chimiques et toxicologiques de la « substance », de la « préparation » ou de « l'article » selon la terminologie du règlement. Documenter un formulaire d'enregistrement ne pose pas de problème pour les grands groupes qui disposent d'équipes rodées à la lecture du règlement et de services compétents en caractérisations physicochimiques et toxicologiques. Il en va tout autrement pour les PME-PMI. On peut considérer que tout ce qui concerne les aspects administratifs et juridiques est soutenu par l'Union des Industries Chimiques qui met en place en région des structures de soutien.

Au niveau national c'est le MEDDE (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie) qui a autorité pour surveiller l'application de REACH, l'ANSES (Agence Nationale de Sécurité Environnementale et Sanitaire) est chargée de l'évaluation des enregistrements des substances et l'INERIS (Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques) a pour mission d'assurer un soutien aux entreprises grâce à un « Help desk » national.

Le problème apparaît par contre au niveau de l'outil technique nécessaire.

L'accès des PMI/ETI aux laboratoires publics spécialisés en analyse et caractérisations toxicologiques et écotoxicologiques devrait être organisé et facilité. Une information claire et accessible présentant notamment les nouvelles techniques disponibles doit cibler les personnels des PME-PMI et surtout, les prix doivent être identiques à ceux pratiqués entre laboratoires publics (la différence avec les prix pour l'industrie pourrait être prise en charge par le budget des régions). Pour le plus long terme il faut créer des unités mixtes recherche et service dans les disciplines analytiques, toxicologie et écotoxicologie afin de développer les outils analytiques nécessaires (traces, ultra traces, spéciation dans les milieux complexes, recherche des métabolites,etc.) et les outils toxicologiques du futur : développement de méthodes alternatives à l'expérimentation animale, développement des méthodes prédictives des propriétés et validations. **Il faudrait donc, au niveau européen (et national) conforter le capital en écotoxicologues dont les besoins sont énormes et les ressources humaines insuffisantes**.

I-2/ la substitution des substances à risques :

L'arrêt de production pourra intervenir pour diverses causes : la mise en évidence de la réelle dangerosité par l'ANSES mais aussi la décision d'un important fournisseur, un formulateur ou un producteur, afin d'anticiper le risque. Or la PME ou ETI n'aura jamais l'initiative, ce qui la pénalise économiquement.

Notons qu'un nombre important de produits ont déjà été identifiés pour leur dangerosité comme le montre l'encadré 2

Encadré 2

Substances soumises à autorisation (Annexe XIV)

Reach prévoit que les risques résultant de substances extrêmement préoccupantes soient valablement maîtrisés et que celles-ci soient progressivement remplacées par d'autres substances ou technologies appropriées, lorsque celles-ci sont économiquement et techniquement viables. Pour cela, l'ensemble des fabricants, importateurs et utilisateurs aval qui demandent une autorisation doivent analyser la disponibilité de solutions de remplacement et examiner les risques qu'elles comportent ainsi que leur faisabilité technique et économique. Ces substances, au nombre de 14 depuis le 18 février 2012 composent l'**Annexe XIV** (http://echa.europa.eu/fr/addressing-chemicals-of-concern/authorisation/recommendation-for-inclusion-in-the-authorisation-list/authorisation-list) (voir liste ci-après)

Substance Name	EC Number	CAS Number	Sunset date	Latest application date	Exempted (categories of) uses
Hexabromocyclododecane (HBCDD), alpha-hexabromocyclododecane, beta-hexabromocyclododecane, gamma-hexabromocyclododecane	221-695-9, 247-148-4	3194-55-6, 25637-99-4, 134237-50-6, 134237-51-7, 134237-52-8	21/08/2015	21/02/2014	
2,4 – Dinitrotoluene (2,4-DNT)	204-450-0	121-14-2	21/08/2015	21/02/2014	
Tris(2-chloroethyl)phosphate (TCEP)	204-118-5	115-96-8	21/08/2015	21/02/2014	
Diarsenic pentaoxide	215-116-9	1303-28-2	21/05/2015	21/11/2013	
Diarsenic trioxide	215-481-4	1327-53-3	21/05/2015	21/11/2013	
Lead sulfochromate yellow (C.I. Pigment Yellow 34)	215-693-7	1344-37-2	21/05/2015	21/11/2013	
Lead chromate	231-846-0	7758-97-6	21/05/2015	21/11/2013	
Lead chromate molybdate sulphate red (C.I. Pigment Red 104)	235-759-9	12656-85-8	21/05/2015	21/11/2013	
Benzyl butyl phthalate (BBP)	201-622-7	85-68-7	21/02/2015	21/08/2013	Uses in the immediate packaging of medicinal products covered under Regulation (EC) No 726/2004, Directive 2001/82/EC, and/or Directive 2001/83/EC.
Bis(2-ethylhexyl) phthalate (DEHP)	204-211-0	117-81-7	21/02/2015	21/08/2013	Uses in the immediate packaging of medicinal products covered under Regulation (EC) No 726/2004, Directive 2001/82/EC, and/or Directive 2001/83/EC.
Dibutyl phthalate (DBP)	201-557-4	84-74-2	21/02/2015	21/08/2013	Uses in the immediate packaging of medicinal products covered under Regulation (EC) No 726/2004, Directive 2001/82/EC, and/or Directive 2001/83/EC.
Diisobutyl phthalate (DIBP)	201-553-2	84-69-5	21/02/2015	21/08/2013	
5-tert-butyl-2,4,6-trinitro-m-xylene (Musk xylene)	201-329-4	81-15-2	21/08/2014	21/02/2013	
4,4′-Diaminodiphenylmethane (MDA)	202-974-4	101-77-9	21/08/2014	21/02/2013	

Substances SVHC

Les substances officiellement identifiées comme préoccupantes du fait de leur impact sur l'environnement et/ou sur la santé humaine en raison de leurs propriétés intrinsèques sont qualifiées de « SVHC » dans REACH et regroupée dans une liste qui en compte 138 depuis le 19 décembre 2012 (voir http://echa.europa.eu/fr/candidate-list-table). Figurer dans cette liste entraîne des *obligations réglementaires* tant pour les importateurs et les producteurs d'articles que pour les distributeurs de substances et préparations : *notification* auprès de l'ECHA lorsqu'elles sont présentes dans les articles et *transmission d'informations* le long de la chaîne d'approvisionnement pour les substances et préparations.

Compte-tenu du nombre important de substances concernées, il conviendrait d'organiser au niveau national des rencontres rassemblant tous les acteurs de produits à risques (une substance est en général utilisée pour différentes applications) par domaine d'usage des produits à risques.

On peut distinguer déjà trois domaines importants : les métaux, les matières premières pour polymères, les solvants et les additifs et ingrédients de formulation. II faudrait que l'enregistrement REACH des polymères soit accompagné par une implication globale des acteurs français responsables afin de définir des normes adaptées pour tous les monomères utilisés, les additifs et ingrédients (souvent très nombreux dans les formulations) qui sont concernés. La substitution est un axe fort, mais qui ne peut se résoudre simplement et est susceptible de demander de nombreuses années de recherche, nécessitant de travailler selon les critères de l'écoconception. En bout de chaîne se pose la question du recyclage et donc de la bonne connaissance des composants. **Il serait souhaitable pour chacun de ces domaines de rassembler les producteurs, les formulateurs, les utilisateurs et les représentants de la recherche publique pour hiérarchiser les urgences, proposer des actions,** par exemple pour mettre en place des réseaux de recherche sur des questions spécifiques, être proactifs auprès des Agences de moyen (ex : ANR ou FUI) pour que des programmes de recherche plus larges soient proposés.

Il faut enfin développer l'information dans l'ensemble de la chaîne de mise sur le marché des produits dont les PMI et ETI font partie, et sans doute faut-il le faire de manière régionale et associer les PMI et ETI impliquées dans un problème de substitution aux programmes de R et D en région. Il existe déjà des S.I.E.F. (substances information exchange forum) dans lesquels certaines UIC régionales sont actives. Il faudrait amplifier ces actions. Egalement les organismes de recherche devraient utiliser leurs délégations régionales pour

être plus près du terrain et s'associer régionalement aux pôles de compétitivité sur ces questions (ex : Axelera, IAR pour les plus visibles mais il y en a d'autres …).

Un soutien spécifique doit être imaginé et mis en place car les PMI et ETI n'ont souvent pas le personnel qualifié ou les moyens financiers pour mettre en œuvre une stratégie visant à substituer un composant à un autre dans un produit. En effet, au-delà d'une connaissance approfondie du marché et des réglementations, une substitution implique souvent la modification d'un procédé avec tout ce qui l'accompagne : machines, hall de fabrication, personnel et, souvent, modification du conditionnement. Une approche concertée de la recherche publique et du Ministère du Redressement Productif serait une réponse appropriée pour maintenir et développer des PMI et ETI confrontées à ces mutations induites par la substitution de composants.

En conclusion de cette première partie, le règlement européen REACH entré en vigueur en Juin 2007, apparaît bien comme une contrainte forte sur les PME et ETI ; il constitue également un formidable appel pour la recherche et l'innovation puisqu'il va conduire à concevoir un grand nombre de produits de substitution, aux effets sur l'homme et l'environnement plus explicites et mieux contrôlés.

II La Chimie pour le développement durable : un outil de réflexion pour les PME et ETI, en amont de l'innovation industrielle

L'enjeu central, en amont de l'utilisation de la chimie dans les secteurs aval, est de construire une recherche fondamentale forte, impérativement en interface avec les autres disciplines contribuant au développement d'une Chimie intégrant pleinement la notion de Durabilité. Cette démarche, qui s'intègre en premier lieu dans la réduction générale de l'empreinte de CO_2 de 50 % en 2030, accompagne simultanément la prise de conscience de la nécessité d'une Chimie « pensée autrement », plus respectueuse de l'environnement et de la santé.

Dans ce contexte, et sans être exhaustif, plusieurs volets importants de recherche peuvent être cités :

1- **l'utilisation croissante des ressources renouvelables** comme matières premières et sources de nouveaux produits et matériaux **(avec une augmentation par un facteur 10 d'ici 2030)**

2- **la mise en œuvre des principes de la « chimie verte »** comme guide conceptuel de nouveaux schémas de synthèse mettant en exergue dès les toutes premières phases les concepts et outils de l'éco-conception **en vue *in fine* de l'éco-innovation** (voir Encadré 3)

Encadré 3 sur les principes de la chimie verte

Les 12 principes de la chimie verte

Née il y a une quinzaine d'années, la chimie verte s'inscrit dans une démarche de développement durable. En 1998, Paul Anastas, directeur du Green Chemistry Institute de Washington et son confrère John Warner ont proposé une sorte de mode d'emploi en 12 points pour parvenir à maîtriser l'ensemble du cycle de vie des produits et prévenir ainsi les pollutions à la source.

1 - Prévenir
2 - Economiser les atomes
3 - Concevoir des synthèses chimiques moins dangereuses
4 - Concevoir des produits chimiques plus sûrs
5 - Réduire l'utilisation de solvants organiques et d'auxiliaires
6 - Améliorer l'efficacité énergétique
7 - Utiliser des matières premières renouvelables
8 - Réduire les produits dérivés
9 - Utiliser la catalyse
10 - Concevoir des substances à dégradation finale dans des conditions naturelles
11 - Mettre au point des méthodes d'analyse en temps réel
12 - Développer une chimie toujours plus sûre

D'après Paul T. Anastas et John C. Warner

3- L'optimisation des procédés de synthèse éco-conçus respectueux de l'environnement et plus efficaces : **la chimie étant consommatrice d'énergie et de matières premières quelles que soient leurs origines, cela devrait contribuer à afficher une réduction de 30% de la consommation d'énergie primaire et de 20 % des matières premières pour 2030.**

4**- l'utilisation de la chimie dans les technologies curatives de l'environnement et le recyclage des déchets**

Sans décliner l'ensemble des domaines de manière exhaustive, on peut aborder certains axes de recherche les plus marquants en terme d'interdisciplinarité et de potentialités nouvelles en terme d'innovation pouvant impacter les PMI et ETI.

II- 1 Matières premières renouvelables et chimie biosourcée : interdisciplinarité entre biologie, écologie et chimie

Les enjeux environnementaux (réduction des émissions de gaz à effet de serre) ainsi que la diminution inéluctable des stocks pétroliers favorisent à terme l'émergence de nouvelles matières premières à partir de ressources renouvelables issues de l'agriculture, de la sylviculture ou encore de l'algua-culture. **Dans ce contexte, de nouvelles filières à fort rendement productif et respectueuses de l'environnement doivent être établies dans lesquelles la ressource considérée (biomasse) doit être valorisée dans son ensemble selon**

le principe de la plante entière en limitant au maximum la production de déchets. Cette thématique se veut donc être une réponse à la raréfaction des ressources fossiles, par la diversification des ressources et la substitution des matières premières pour la synthèse d'intermédiaires biosourcés, de bioproduits, de biomatériaux, et de biocarburants, basée sur le concept de la bioraffinerie. Elle est également une opportunité de développement des agro-ressources et de nouveaux produits éco-conçus pour de nouvelles applications. Ce développement ne doit cependant pas se faire au détriment des filières d'alimentation humaine et animale et les enjeux scientifiques, technologiques et industriels sont donc de biosourcer l'existant et de développer de nouvelles molécules innovantes à des coûts acceptable, par des procédés chimiques et/ou biotechnologiques et en adaptant les procédés à la transformation de la biomasse. **Les bioraffineries qui équilibrent la répartition des ressources entre utilisations alimentaires et non–alimentaires sont une première réponse à ce défi. Elles doivent être développées dans ce contexte. Une autre réponse consiste en une valorisation des ressources ligno-cellulosiques (bois, herbes, feuillage, paille etc …) non alimentaires comme matière de base, soit par voie chimique , soit biotechnologique (*vide infra* paragraphe II2)**

Dans le même temps, une meilleure connaissance à l'échelle moléculaire non seulement des plantes agricoles usuelles mais également de nouvelles biomasses exploitables doit être initiée afin d'identifier et localiser dans la plante l'ensemble des substances chimiques d'intérêt. A cet égard, l'agro-biodiversité (et plus généralement la biodiversité) tropicale, les ressources marines représentent aussi un potentiel encore relativement peu exploité. À cet égard également, l'écologie chimique est une discipline qui doit être prise en compte.

Enfin, il devrait résulter de ces changements l'apparition de nouvelles matières premières basiques au lieu et place, par exemple, de l'éthylène à l'origine de la pétrochimie. Remplacer l'éthylène par ces produits dans la fabrication devrait devenir un axe fort de recherche en synthèse organique, et à encourager.

II-2- Les biotechnologies blanches

Les biotechnologies blanches ont pour objet la fabrication de composés chimiques et d'énergie à partir de sources de carbone renouvelables, et, notamment, de la biomasse lignocellulosique n'entrant pas en compétition avec les utilisations en alimentation humaine, à l'aide de biocatalyseurs comme les enzymes, des agents de fermentation ou de micro-champignons. Ces approches qui accompagnent donc aussi la chimie biosourcée décrite ci-dessus bénéficient aujourd'hui des progrès extraordinaires effectués dans le domaine très interdisciplinaire des sciences de la vie, au-delà même de la biologie moléculaire.

Les principaux enjeux en Recherche de tels bioprocédés sont :

- Des consommations d'eau et d'énergie pouvant être abaissées de 10 à 80 % ;

- Une forte diminution des émissions de CO_2 ;
- Une réduction d'au moins 90 % de la quantité de solvants d'origine fossile ;
- Une augmentation significative mais raisonnée de matières premières renouvelables ;
- Le développement de nouveaux produits, notamment de biomatériaux ou de biosolvants biodégradables.

Les prolongements actuels de ce domaine de recherche conduisent aussi à s'interroger sur les enjeux de la biologie synthétique pour lesquels se posent actuellement des problèmes de bioéthique.

II-3- l'Intensification des procédés : interdisciplinarité entre l'Ingénierie des procédés et la Chimie au service de l'écoconception.

L'intensification des procédés consiste, via le développement de techniques et d'appareils adaptés, à réduire de manière importante la taille des unités en rapport avec leur volume de production et leur consommation énergétique. Elle concerne l'ensemble de la chaîne de production : stockage, réaction, séparation, isolement et analyse des produits, séchage, mise en forme et production de matériaux. L'intensification des procédés vise ainsi à faire un saut qualitatif majeur en définissant une chimie d'avant-garde, capable de réduire ses impacts environnementaux et énergétiques, tout en préservant la qualité d'usage des produits, et en apportant un avantage compétitif fondé sur l'innovation technologique.

Il s'agit de diminuer de manière significative le rapport taille/capacité des équipements chimiques, de réduire leur consommation d'énergie et d'eau, de réduire la production de déchets, avec pour résultat des technologies moins chères et plus « durables » (carburants plus performants, médicaments plus efficaces (l'augmentation de la sélectivité des réactions chimiques est ici un enjeu clé), matériaux mieux adaptés à leur usage).

Avec ses caractéristiques propres (« smaller, quicker, safer, cheaper, greener »), l'intensification est donc un puissant levier d'actions au service d'une dynamique de développement durable. Durable sur le plan économique mais durable aussi -et surtout- en favorisant un développement éco-responsable, intégrant le principe d'un usage optimisé et raisonné des ressources naturelles, tant dans la conception que la production. **Une priorité est d'encourager la conception de procédés et d'écosystèmes de production du futur, moins consommateurs d'espace, d'énergie et de ressources naturelles non renouvelables.**

En retour, les avancées ces dernières années dans les domaines de la Chimie des matériaux et des techniques de fabrication ont permis l'émergence de nouveaux dispositifs intensifiés, tels que des échangeurs thermiques hyper-compacts et des réacteurs micro-structurés. Le domaine plus général de la micro-fluidique a apporté également des développements

scientifiques et technologiques significatifs. Les réacteurs miniaturisés sont déjà appliqués à l'analyse, à l'acquisition de données physico-chimiques et au développement / criblage haut débit par exemple pour la sélection de nouveaux catalyseurs.

Au-delà de ces améliorations, la diminution de la taille des réacteurs, facilite aussi le contrôle de la température, ce qui a pour conséquence majeure de gérer efficacement la formation de produits secondaires non désirés. La miniaturisation outre le dimensionnement de la production en fonction de la taille du marché local (production dispersée, localisée en fonction de la demande évitant le transport coûteux, polluants et dangereux de matière) permet une grande économie d'atome par cette maîtrise de la sélectivité par l'homogénéisation de la température des réacteurs. Il faudra cependant avec cette dispersion de la production s'assurer que toutes les normes de sécurité seront respectées et connues par les petits producteurs, souvent « end users » eux-mêmes. Des systèmes dit clé en main sans intervention possible du producteurs et vérifiés régulièrement par le fournisseur est la réponse au danger de cette dispersion. (NB : A titre d'exemple on peut citer la gestion du phosgène. Gaz de combat de la première guerre mondiale et cependant intermédiaire de synthèse indispensable bien que de nombreuses recherches tendant à le substituer se poursuivent), il est transporté par train, bateau ou route du producteur vers les consommateurs, alors que les quantités nécessaires sont faibles et pourraient aisément être produites sur place par l'utilisateur avec une petite unité plombée et non modifiable . Transporter du chlore et de l'oxyde de carbone, ingrédients de synthèse, est bien plus facile et beaucoup moins dangereux).

L'utilisation de microréacteurs devrait donc être encouragée. À cet effet, c'est au début de la chaîne que l'on devrait familiariser et former les chercheurs (et étudiants) en chimie de synthèse afin de favoriser ensuite le transfert ensuite vers les PME et ETI.

II-4– Utilisation de la chimie dans les technologies curatives de l'environnement et le recyclage

D'un point de vue scientifique, les recherches sur les technologies curatives de l'environnement (traitement des déchets et effluents) constituent un domaine très pluridisciplinaire dans lequel se mêlent entre autres catalyse, thermochimie, chimie analytique, microbiologie moléculaire, ingénierie écologique etc …

Du début du XX^{e} siècle jusqu'aux années 90, l'objectif des technologies de traitement a été de réduire le caractère nuisible des déchets et des effluents, par le biais de procédés permettant d'accélérer les processus (biologiques ou thermochimiques) conduisant à la stabilisation de la matière. Depuis la fin des années 90, s'opère un changement de paradigme. Au-delà des flux majeurs de polluants, responsables d'effets aigus sur la santé et l'environnement, il faut désormais prendre en compte les polluants présents en micro (voire nano)-quantités, responsables d'effets chroniques complexes auxquels l'opinion devient

particulièrement sensible. A titre d'exemples, de telles toxicités à long terme sont rencontrées dans les environnements sous l'influence de pressions anthropiques en raison par exemple de rejets de médicaments et d'oestrogènes dans les eaux.

Soulignons cependant que chaque type de pollution présente ses spécificités : il y a souvent différentes techniques de mesure aptes à détecter différentes familles de polluants. Mais outre un impact sur l'instrumentation et donc sur les données à acquérir, cette diversité de polluants nécessite aussi la définition d'indicateurs adéquats. **Il s'agira alors de déterminer les paramètres de contrôle pertinents de la qualité environnementale d'un milieu naturel (eau, air ou sol). Il pourra par exemple s'agir d'indicateurs de mesure de la qualité chimique ou biologique de l'eau d'un cours d'eau ou de mesure quantitative d'une espèce sur un domaine.** Le champ technologique situé autour de la métrologie chimique (voire biologique), pose ainsi des questions de développement liées aux verrous technologiques suivants, sur lesquels des actions fortes de recherche sont attendues :

- **la détection des « cocktails » de polluants dans les eaux, notamment les polluants « émergents » type médicaments ou produits vétérinaires**, dont la dégradation génère des successions de métabolites rarement identifiés (et donc sans aucune connaissance de leurs propriétés intrinsèques) et pour lesquels il reste beaucoup à faire en matière de détection et d'identification.
- **la fiabilisation et la précision dans le traitement des données mesurées.**
- le développement de la mesure en continu (temps réel).

Soulignons enfin qu'aux côtés des traitements chimiques des polluants, les traitements biologiques sont généralement présentés comme des solutions « naturelles » mais cela n'est vrai que si la biomasse utilisée pour cela n'est pas elle-même perturbée par le procédé utilisé. Par exemple, la phyto-remédiation doit démontrer au cas par cas que la concentration de polluants dans les plantes n'a pas d'influence sur la biodiversité plus significative que la pollution elle-même. C'est là un domaine de recherche où l'interdisciplinarité prend alors toute son importance : la Chimie analytique étant alors en partenariat étroit avec l'écologie : l'extraction des métaux par cette voie pouvant devenir en retour une source de nouveaux catalyseurs recyclables dans une démarche interdisciplinaire intégrative de chimie verte.

La chimie a également clairement un rôle à jouer dans l'économie du recyclage car la combinaison des compétences des acteurs du déchet et des chimistes va créer de nouvelles filières industrielles économiquement viables et éco-responsables. La chimie peut d'une part proposer des technologies pour contribuer au développement du recyclage et, d'autre part avoir en retour un fort intérêt en termes de source de matières premières pour son activité, notamment dans des perspectives de raréfaction du carbone.

Les thèmes de recherche plus spécifiques à la chimie durable sont les suivants :

- Mieux caractériser les gisements de déchets et de matières valorisables en vue de leur traitement par des procédés chimiques renouvelés et associés par exemple aux biotechnologies dites « jaunes » comme la phyto-remédiation citée plus haut, ou la production de biogaz à partir des ordures ménagères.

- Développer la récupération des métaux rares utilisés dans les nouvelles technologies (ex : nouvelles technologies de l'énergie et nouvelles technologies de l'information et de la communication)

- Développer les recherches qui visent à substituer, quand c'est possible, les métaux nobles et rares intervenant comme catalyseurs ou entrant dans les composants de la micro-électronique ou les nouveaux systèmes énergétiques (panneaux solaires, piles à combustibles par exemple) par d'autres métaux ou substances plus accessibles.

- Développer des procédés chimiques permettant de redonner aux matières recyclées la pureté qui permettra une valorisation « noble » : procédés permettant de raffiner les métaux extraits des déchets (ex : extraire les impuretés ferriques de l'aluminium recyclé), travaux sur la réutilisation de matériaux dont les propriétés se sont dégradées avec le vieillissement (ex : polymères).

- Etudier la recyclabilité des produits bio-sourcés comme les biosolvants, biopolymères et plastiques végétaux.

III- Transfert de technologie

Pour conduire et optimiser ensuite, après maturation, toutes les actions proposées ci-dessus, il est indispensable d'associer le plus étroitement possible la recherche académique et l'industrie, particulièrement les PME et ETI qui n'ont pas toujours les moyens adéquats (financiers et en personnel) ni le temps nécessaire pour constituer les dossiers et obtenir ensuite les autorisations de mise sur le marché. Il ne s'agit pas de subordonner la première à la seconde mais de permettre les transferts technologiques qui sont nécessaires à l'innovation, puis à la mise sur le marché.

L'analyse transversale des technologies clés « chimie, matériaux et procédés » fait clairement ressortir que la France souffre d'une part, d'une capacité de transfert réduite entre sa recherche académique et son industrie et d'autre part, d'un éloignement entre PMI /ETI et grands groupes.

En conséquence, la France, qui est généralement positionnée dans les pays leaders au niveau de sa recherche académique, se retrouve distancée lors de la phase d'industrialisation.

Il est donc important de travailler aujourd'hui à la mise en place et au renforcement d'outils facilitant à la fois les transferts technologiques entre R&D et industrie. Il faut également favoriser le rapprochement des PMI/ETI et des grands groupes dans un respect mutuel et un partenariat équilibré.

Ces dernières années beaucoup d'efforts ont été consentis pour cet objectif, en particulier par les pouvoirs publics pour les partenariats public-privé, induisant un foisonnement d'outils pour ce faire : Services de valorisation et de transfert des organismes de recherches, Incubateurs d'entreprises innovantes, Consortiums de valorisation thématique (CVT), Pôles de compétitivité, Instituts Carnot , Instituts de recherche technologique IRT, Sociétés d'accélération du transfert de technologie SATT (financés par le Programme Investissements d'avenir PIA) , Instituts d'excellence sur les énergies décarbonnées IEED (Programme PIA), Fonds unique interministériel FUI, le programme CD2I (Chimie durable, Industries, Innovation) de l'ANR, le Crédit d'Impôt Recherche CIR et en 2013 le Crédit d'impôt Innovation CII pour les PME, les organismes financeurs comme OSEO le Fonds stratégique d'investissement FSI (Groupe Caisse des dépôts) pour soutenir les PME innovantes, ou tout récemment la Banque Publique d'Investissement BPI (initiative pour simplifier er rassembles les outils de financement).

Un impératif aujourd'hui est, comme pour la BPI , de pouvoir articuler tous ces outils pour une meilleure efficacité. Ceci devrait être facilité par le développement de plateformes technologiques ou de démonstrateurs autour des technologies clés retenues, en réfléchissant aux meilleures conditions de mise en place de ces plateformes au plus près des entreprises concernées. Il faudrait aussi faire participer, toujours par souci d'interdisciplinarité, des économistes de l'innovation qui apporteraient outre leurs compétences en réflexion économique, des retours d'expérience sur l'évaluation des systèmes d'innovation mis en place dans d'autres pays.

Enfin, un comité interministériel, interministériel soucieux d'atteindre des objectifs d'industrialisation et de pénétration de marchés devrait être mis en place , avec comme mission d'harmoniser tous les outils existant, en précisant « qui fait quoi » .

IV- Communication et formation : pour une meilleure acceptabilité sociétale de la chimie

Lorsque l'on décline les domaines d'activités et de recherche en Chimie, il apparaît constamment en filigrane les questions sociétales. **Ce lien étroit entre Chimie et Société conduit à se poser la question de la place de la Chimie et à favoriser plusieurs chantiers et actions correspondantes, à mener en associant plus étroitement chercheurs académiques et industriels.**

Ces questions sont importantes pour que la confiance du consommateur existe vis-à-vis des produits issus de l'innovation impliquant la chimie. Cela est particulièrement vrai pour les PME et ETI qui organisent généralement leur activité autours d'un nombre restreint

d'innovations, de niches ou de secteurs pointus et qui peuvent dans le même temps conduire à l'ouverture de gros marchés et déclencher de nouvelles sources d'innovations.

Plusieurs pistes peuvent être proposées:

1**) Favoriser le dialogue de la Chimie avec les autres sciences en mettant en place des actions interdisciplinaires orientées vers la durabilité** (ex : mise en place de programmes de recherche à caractère interdisciplinaire, intégrant plus particulièrement les Sciences Humaines et Sociales et associant PME et ETI)

2) **Privilégier des plages de dialogue et réflexion (colloques, tables rondes etc ..) entre les chercheurs académiques et industriels des PME et ETI sur la relation entre la Chimie et la Société, prenant en compte les critères de durabilité**. Le règlement REACH est certainement une porte d'entrée pour ce dialogue. Il doit d'ailleurs aboutir à des solutions d'accompagnement (cf première partie). Mais d'une manière générale, tous les questionnements de Société autour de la Chimie sont une ouverture pour ce dialogue. Il faudrait également que les acteurs de la chimie communiquent plus vers le grand public sur leurs réussites et contributions au bien – être (et progrès) de la Société.

3) **Rechercher des méthodes de communication plus interdisciplinaires en prise directe avec les citoyens et les plus jeunes** (ex : forums de discussion réguliers, écoles thématiques, actions de formation avec des interventions croisées de Chimistes et de Chercheurs d'autres secteurs, sciences agissantes (dites « dures »), Sciences Humaines et Sociales , venant à la fois du secteur académique et industriel. Cela devrait pouvoir décloisonner la Chimie et lui permettre de trouver des alliés (et défenseurs) issus des autres disciplines. Ces forums doivent aussi être pensés, pour une part d'entre eux, afin de s'adresser aux étudiants, soit au niveau de l'enseignement supérieur, soit au niveau du secondaire. (NB : Pour les plus jeunes, la communication doit être établie sur un mode moins académique, plus égalitaire en quelque sorte. Les forums de discussion par internet peuvent être le bon moyen).

4) **Enfin intégrer toutes ces réflexions de manière volontariste dans les enseignements au niveau des classes primaires, collèges et lycées, puis de l'enseignement supérieur et dans les formations continues offertes aux industriels**. Une coordination globale sur cette question devrait être menée au niveau national.

CONCLUSION

Encadrée par un ensemble de principes (ceux de la Chimie Verte) dont elle s'est volontairement dotée, et par un règlement (REACH) qui va limiter l'accès à certaines matières premières, la chimie doit satisfaire aux impératifs du développement durable.

Le processus de développement de la chimie doit donc concilier l'économie, le social et l'écologie avec un programme de développement économiquement efficace, socialement équitable et respectueux de l'environnement.

Face à ces différentes contraintes, la solution qui s'impose est de pratiquer la «bioéconomie» en intégrant l'écologie à l'économie, et réciproquement. C'est au niveau même de la conception que notre secteur industriel doit s'impliquer et plus particulièrement que les PMI et ETI doivent agir en exploitant leur créativité et en faisant des efforts pour pratiquer davantage l'interdisciplinarité.

Ainsi la Chimie doit dépasser l'écoefficacité pour atteindre l'écoconception. Elle doit dialoguer et agir en synergie avec les autres disciplines tant en recherche fondamentale qu'au sein même de l'entreprise. Citons à ce titre les disciplines les plus pertinentes : la biologie, l'écologie, le génie des procédés, les sciences humaines et sociales de manière générale et les sciences économiques plus particulièrement. Cela passe par un effort national en terme d'enseignement et d'harmonisation de nos outils actuels dédiés au transfert et à l'innovation, avec un souci permanent de confronter nos modèles à ceux développés à l'extérieur de l'hexagone, aussi bien dans les pays industrialisés qu' émergents.

C'est une évolution majeure qui doit s'opérer pour une Chimie repensée autrement, véritable Chimie Ecologique, en harmonie avec la Société et l'Environnement.

Cette révolution est une formidable chance pour une innovation de qualité dans le secteur industriel, notamment dans les PMI et ETI, avec l'espoir d'une meilleure compétitivité, d'une croissance retrouvée et d'emplois recréés dans des marchés de niches et de services nouveaux.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1- Maxim L., Rico-Lattes I., Bastien-Ventura C., Buclet N., Cartier dit Moulin C., Ternaux J.P., **La Chimie Durable: au-delà des promesses**, CNRS Editions, Paris, 2011

2-Anastas P.T., Warner J.C., **Green Chemistry : theory and practice**, Oxford University press, New York, 1998

3-Aubertin C., Vivien F.D., **Développement durable: enjeux politiques, économiques et sociaux**, La documentation française, Paris, 2010

4-Poux M., Cognet P., Gourdon C., **Génie des procédés durables**, Dunod, L'usine nouvelle, Paris, 2010

5-Jacquot C., Rico-Lattes I., Lattes A., Lucas V., IESF, Le magazine, **Numéro spécial Chimie,** Décembre 2012

6- L'état de l'enseignement supérieur et de la recherche en France (n°5 - décembre 2011) ISBN 978-2-11-129159-1 (DGESIP/DGRI-SIES Sous-direction des systèmes d'informations et études statistiques : cf www.enseignementsup-recherche.gouv.fr)